

補助事業番号 2022M-191

補助事業名 2022年度 新提案ツーウェイクラッチを用いた

干渉駆動式変速装置の開発 補助事業

補助事業者名 東京工業大学 工学院 機械系 准教授 高山俊男

1 研究の概要

本研究では二つのモータの回転方向の組み合わせにより高速駆動と高トルク駆動を切り替える、干渉駆動式変速機を開発する。またその要素として必要となる高速駆動可能なツーウェイクラッチの開発も行う。

2 研究の目的と背景

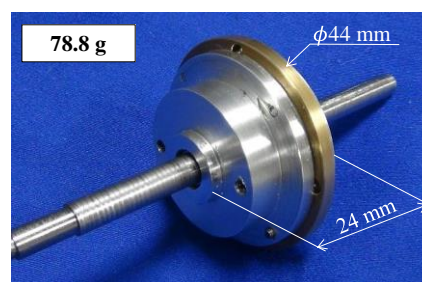
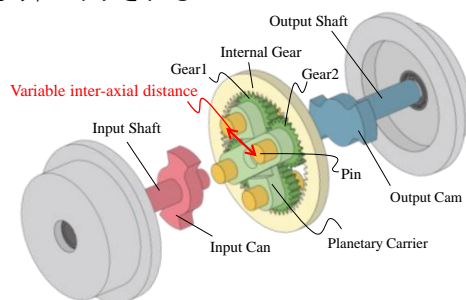
変速機は変速のためにアクチュエータを必要とするが、このアクチュエータは出力には寄与していない。そこで我々は二つのモータの干渉駆動により両方のモータの出力を利用しつつ変速を行う装置を開発している。この装置は干渉駆動によって分けられた高速駆動と高トルク駆動のふたつの経路の出力を再び交流させる部位において、高速駆動側に高トルク駆動のトルクが逆流することを防ぐために、バックドライブしない機構が必要であるが、一般的にバックドライブしない機構は大減速比であり、高速駆動には向かない。そこで我々は新たに高速駆動可能なツーウェイクラッチを開発し、これを用いた干渉駆動式変速機を開発する。

3 研究内容

(1) 高速駆動可能なツーウェイクラッチの開発

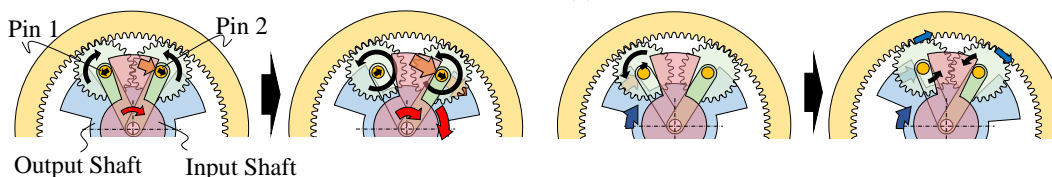
(http://www.takayamalab.mech.e.titech.ac.jp/research/research_fm.html)

高速駆動可能なツーウェイクラッチは二対の互いの距離を変えられる遊星ギヤからなり、入力軸側から駆動されると、遊星ギヤの噛み合いが外れて自在に内歯車内を回ること、出力軸に動力を伝達することができるが、出力軸側から駆動されると、遊星ギヤが噛み合っ、内歯車内で動けなくなり、ロックされる。



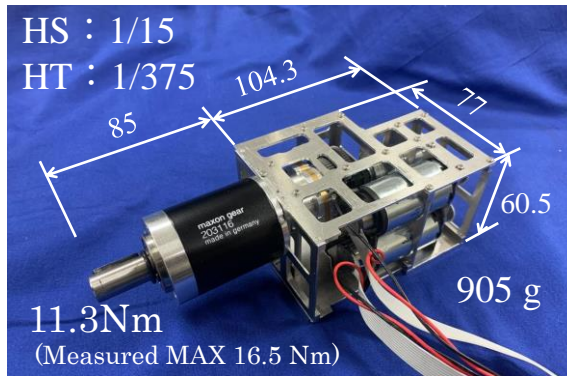
高速駆動可能なツーウェイクラッチの構造
(a) Transmit Mode

試作したツーウェイクラッチ
(b) Lock Mode



ツーウェイクラッチの動作原理

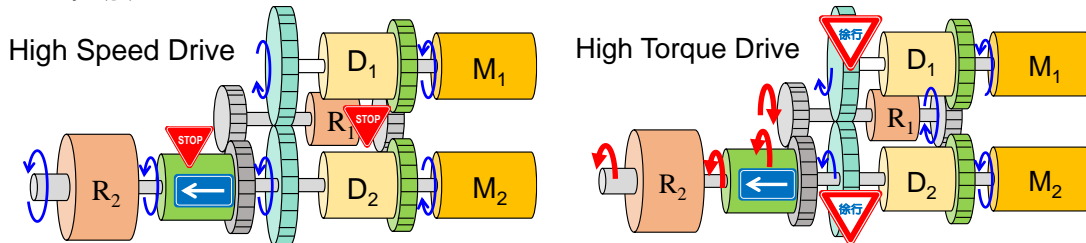
(2) 高速駆動可能なツーウェイクラッチにより大変速比を実現する干渉駆動式変速装置の開発
 上記高速駆動可能なツーウェイクラッチを用いて試作した干渉駆動式変速機を開発した。この干渉駆動式変速機は高速駆動側の駆動系と高トルク駆動側の駆動系の合流部に高速駆動可能なツーウェイクラッチを用いており、ツーウェイクラッチは合流のための作動歯車機構の機能も兼ねている。スペック等は図中に記している。



Motor (×2)	
Power	22[W]
Nominal Torque	26.6[mNm]
Nominal Current	1.08[A]
Weight	120.1[g]
Final Gear	
Reduction Ratio	1/15
Max. Torque	11.3[Nm]
Weight	360[g]
Efficiency	81[%]

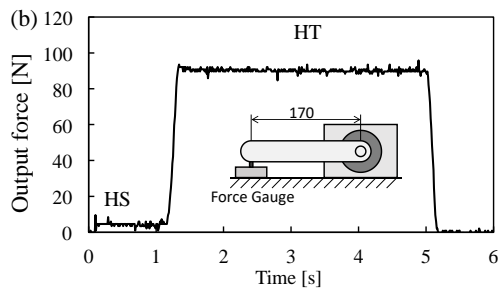
干渉駆動式変速機

高速駆動時には二つのモータM1M2を逆回転させ、作動歯車機構D1、D2の出力軸から高速動作を取り出して、作動歯車機構2WCの入力軸を駆動する。2WCのケースは固定されているため、2WCの出力軸は入力軸と同じ速度で回転し、最終減速機R2を介して出力が行われる。一方高トルク駆動時には、M1、M2は同方向に回転され、D1、D2のケース事態が回転することで、高トルク駆動側動力経路を、減速機R1を介して駆動し、ツーウェイクラッチのケースを回転させる。ここで高速駆動側経路が完全に静止していると、2WCはケースのみが回転することになるため、M1、M2の回転速度にはわずかに差を設けて、高速駆動側経路も高トルク駆動側経路と同程度の低速駆動で回してやる必要がある。これにより2WCはケースと入力軸が一体となって回転し、出力軸を高トルクに駆動する。

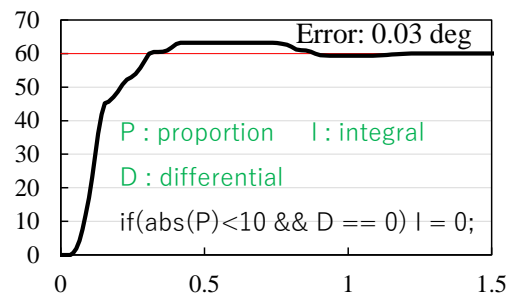


干渉駆動式変速機の動作原理

この装置を用いた実験で、出力軸にアームを取り付け力センサに押し付けて変速を行い、即座に出力が上がっていることを確認した。またPID制御では0.03degの誤差で収束させることができることを確認した。



変速機の切り替え実験



PID制御による位置制御

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

ロボットアームの関節に取り付けることで、高速なアプローチ後に力を出す作業をしたり、移動ロボットの車軸に用いることで、平地では高速に、斜面や重量物運搬時には高トルク駆動に切り替えられるようになる。また本機構は電動の自動車やバイク等にも応用できると考えられる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまで高速高トルクを実現するロボットハンドを開発してきており、二つのモータを使い分ける方法で高速動作と高トルク動作を実現していたが、この方法では片方のモータが動いているときにはもう片方のモータは仕事をしておらず、デッドウェイトとなっていた。今回の研究は干渉駆動により高速動作・高トルク動作どちらにおいても両方のモータの出力を利用できる装置である。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- ・ツーウェイクラッチ, 高山 俊男, 藁谷 真輝, 特願2021-183376(2021/11/10出願)
- ・藁谷 真輝, 高山 俊男, ”遊星歯車のかみ合いを利用したツーウェイクラッチ”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会’22, 2A2-M04, 札幌, June 1-4, 2022.
- ・高山 俊男, 藁谷 真輝, ”大変速比を可能にするツーウェイクラッチを用いた干渉駆動式変速装置”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会’23, 2P1-D20, 名古屋, June 28-July 1, 2023. (予定)
- ・Masaki Waragai and Toshio Takayama, ”Development of a high-speed and low-torque loss two-way clutch,” ROBOMECH Journal (2022) 9:21.
<https://doi.org/10.1186/s40648-022-00236-6>

7 補助事業に係る成果物

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 東京工業大学工学院(トウキョウコウギョウダイガクコウガクイン)

住 所: 〒152-8552

目黒区大岡山2-12-1 (I3-13) 石川台3号館503号室

東京工業大学工学院 機械系 高山研究室

担 当 者 准教授 高山俊男(タカヤマ トシオ)

E - m a i l: takayama.t.aa@m.titech.ac.jp

U R L: <http://www.takayamalab.mech.e.titech.ac.jp/index.html>